	<p>Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Н.Э. Баумана)</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

ФАКУЛЬТЕТ «ИНФОРМАТИКА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ»

КАФЕДРА «ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭВМ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

## ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №3 ПО ДИСЦИПЛИНЕ:

### ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ

### *“ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ДИОДЫ”*

Студент: **Зернов Георгий Павлович**

Группа: **ИУ7-34Б**

Вариант: **86**

Название предприятия: **НУК ИУ МГТУ им. Н. Э. Баумана**

Студент \_\_\_\_\_ **Зернов Г.П.**

Преподаватель \_\_\_\_\_ **Оглоблин Д.И.**

**2024**

## **Оглавление**

<b>ЦЕЛЬ ПРАКТИКУМА</b> .....	3
<b>ХОД РАБОТЫ</b> .....	4
<b>Исследуемый диод</b> .....	4
<b>ЭКСПЕРИМЕНТ №1</b> .....	4
<b>Добавление диода в базу данных Multisim</b> .....	4
<b>ЭКСПЕРИМЕНТ 2</b> .....	8
<b>Исследование ВАХ с помощью мультиметров</b> .....	8
<b>ЭКСПЕРИМЕНТ 3</b> .....	9
<b>Исследование ВАХ с помощью осциллографа и генератора</b> .....	9
<b>ЭКСПЕРИМЕНТ 4</b> .....	12
<b>Исследование выпрямительных свойств диода</b> .....	12
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	15

## **ЦЕЛЬ ПРАКТИКУМА**

Получение и исследование статических и динамических характеристик германиевого и кремниевого полупроводниковых диодов с целью определение по ним параметров модели полупроводниковых диодов, размещения моделей в базе данных программ схемотехнического анализа. Приобретение навыков расчета моделей полупроводниковых приборов в программах Multisim и Mathcad по данным, полученным в экспериментальных исследованиях, а также включение модели в базу компонентов.

# ХОД РАБОТЫ

## Исследуемый диод

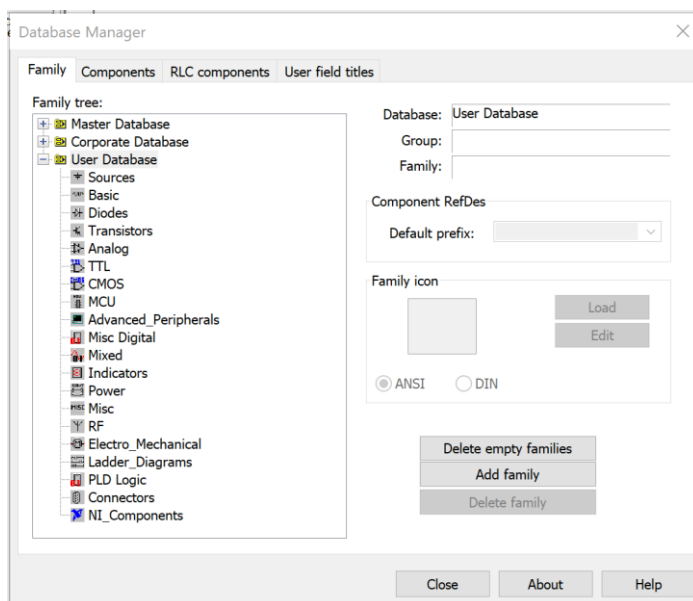
В работе проводится исследование диода D2C139A. Характеристики диода из библиотеки:

```
.model D2C139A D(Is=31.47f Rs=9.494 Ikf=0 N=1 Xti=3 Eg=1.11 Cjo=220p M=.5959  
+ Vj=.75 Fc=.5 Isr=2.035n Nr=2 Bv=3.928 Ibv=43.84m  
* Nbv=60 Ibv1=3m Nbv1=180  
+ Tbv1=-1.0m)
```

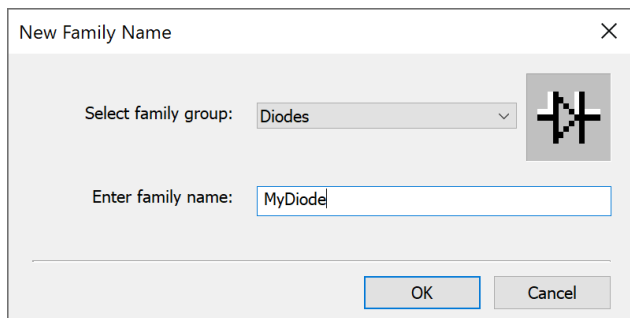
## ЭКСПЕРИМЕНТ №1

### Добавление диода в базу данных Multisim

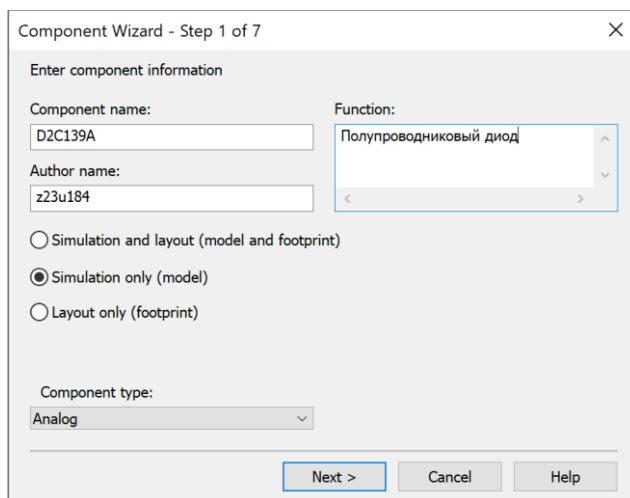
В программе Multisim для добавления компонентов служит менеджер баз данных, находящийся в меню Tools\Database\Database Manager:



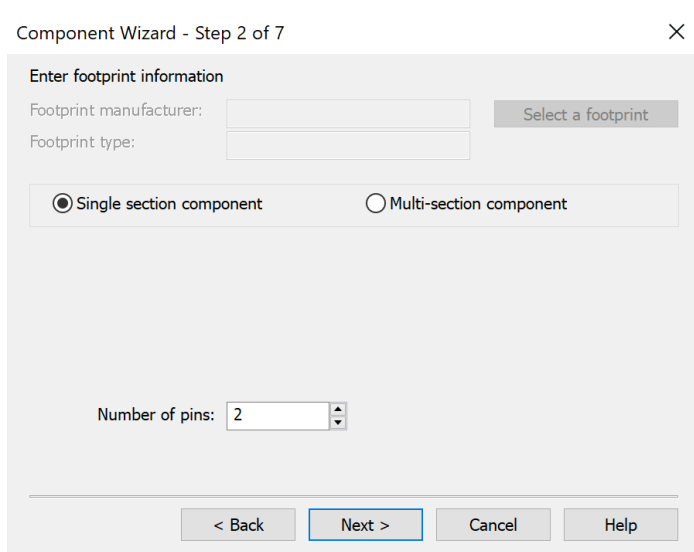
Сначала добавим новую группу компонентов (кнопка “Add family”):



После добавления группы, с помощью TOOLS/Component Wizard, начнём добавление элемента. На первом шаге зададим его название и описание:



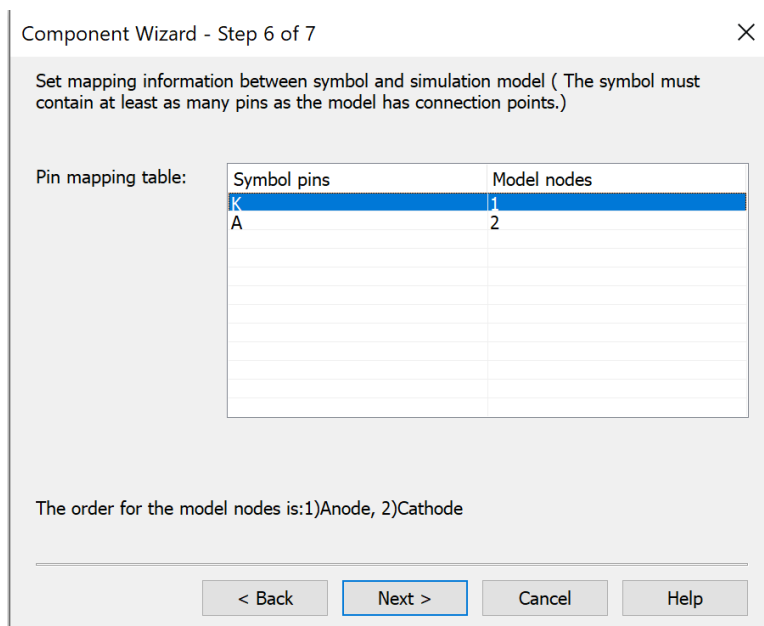
На втором шаге зададим количество выводов у компонента и то простой он или составной:



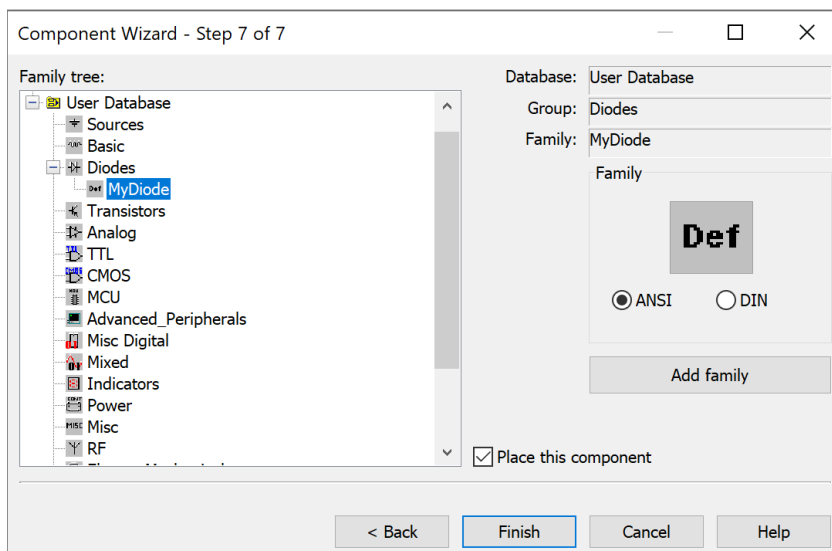
На третьем шаге выберем изображение для компонента:



На шестом шаге, меняем местами контакты так, чтобы они соответствовали графической схеме.



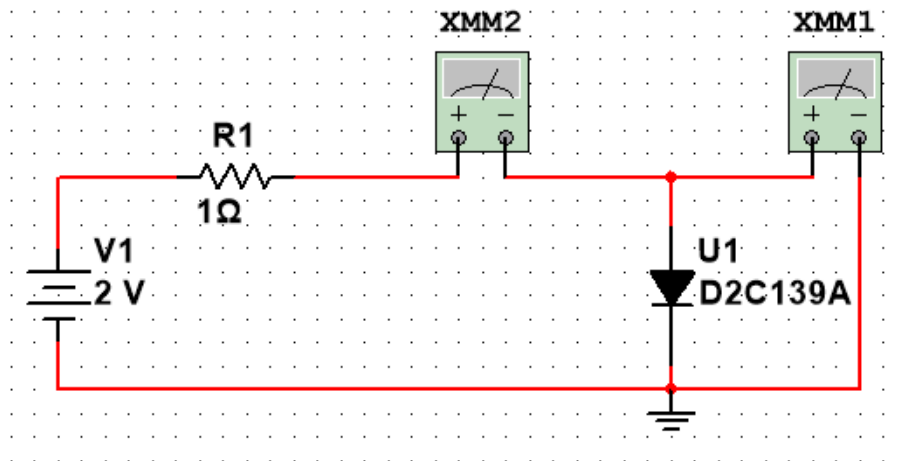
Последним шагом подтверждаем добавление компонента:



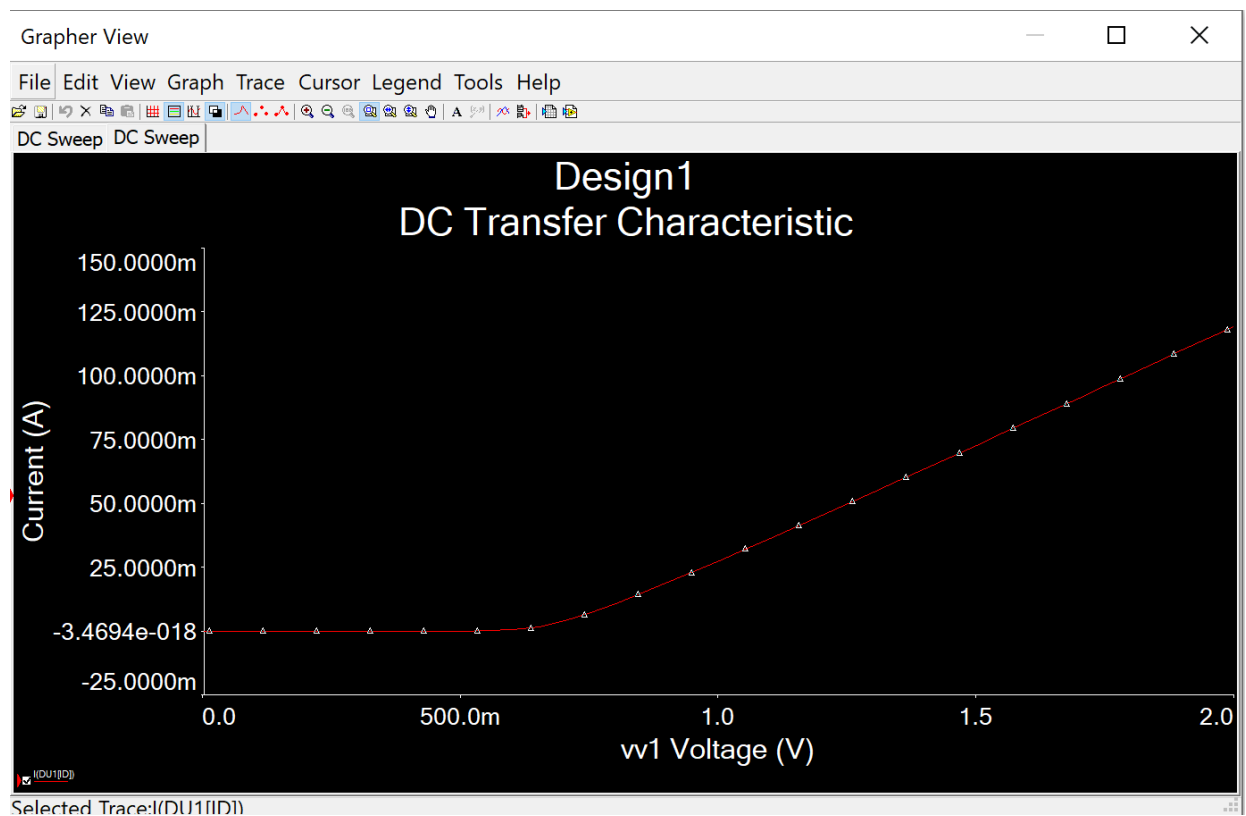
## ЭКСПЕРИМЕНТ 2

### Исследование ВАХ с помощью мультиметров

Соберём схему, где последовательно включенный в схему мультиметр переведём в режим амперметра, а параллельно – в режим вольтметра:

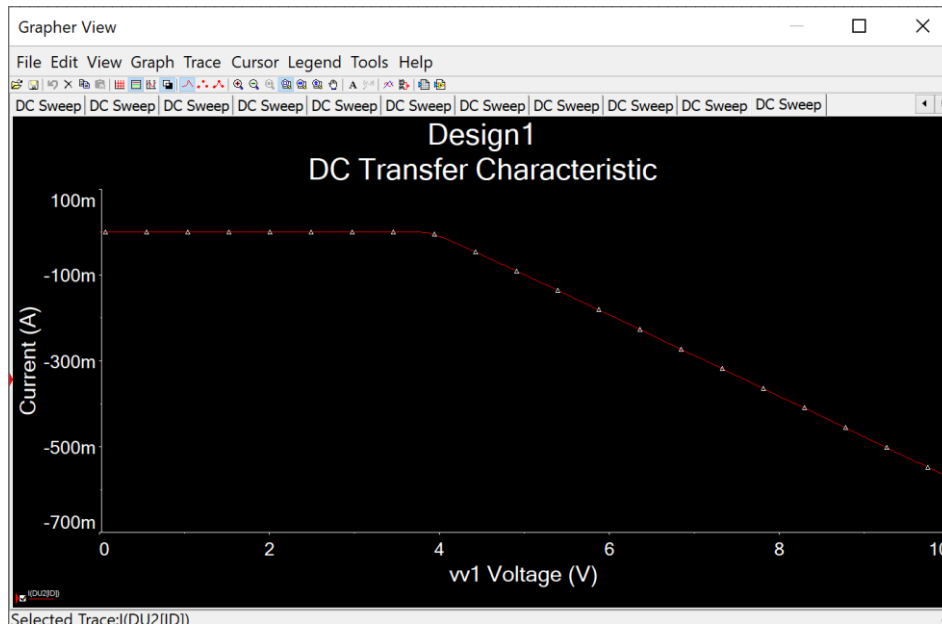


Запустим симуляцию по постоянному току для прямого включения диода (Simulate -> Analyses -> DC Sweep, Analyses parameters, Output):





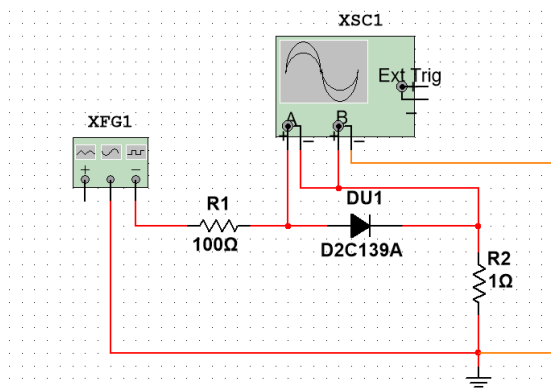
Аналогично для обратного включения:



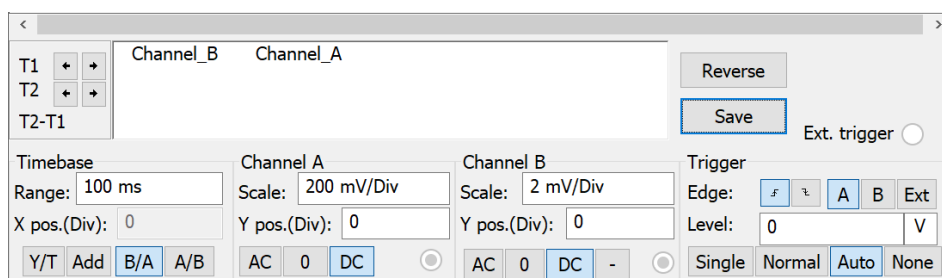
## ЭКСПЕРИМЕНТ 3

### Исследование ВАХ с помощью осциллографа и генератора

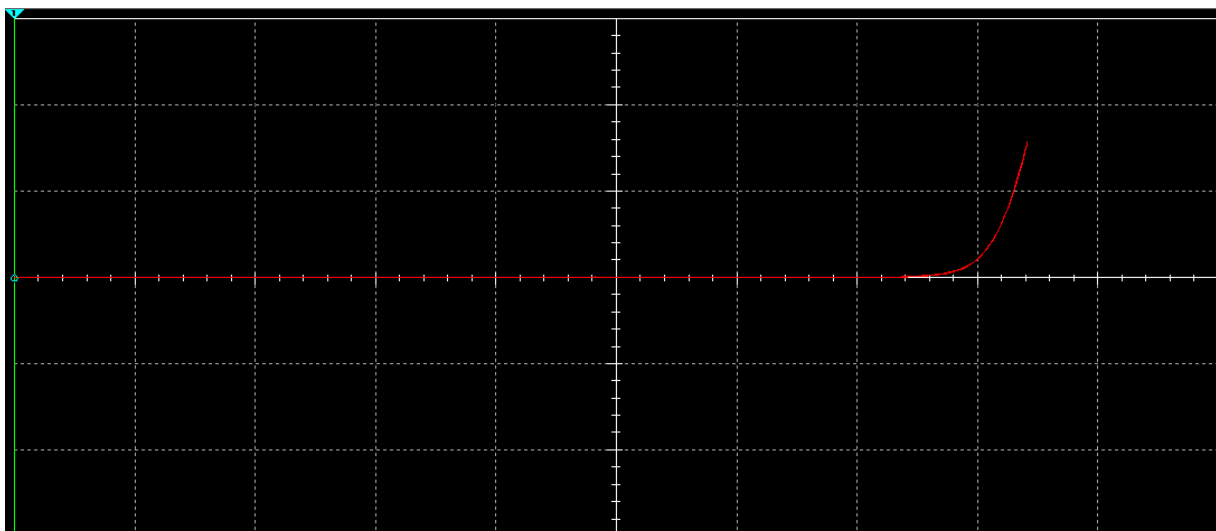
Соберём схему, где частоту генератора установим на 850 герц и амплитуду на 1 вольт:



Настроим осциллограф:



Запустим симуляцию и получим ВАХ диода:



В окне “Grapher View” сформируем текстовый файл с данными в виде совместимым с программой MathCAD. Загрузим в MathCAD данные и рассчитаем параметры модели диода:

VAX := READPRN("C:\Users\zemo\Desktop\Electronics\Lab\_3\Design1.lvm")

VAX =

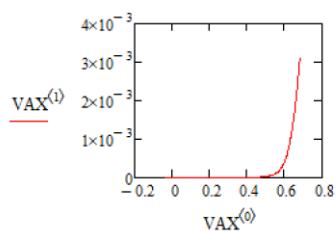
	0	1
0	-0.033	1.145·10 <sup>-6</sup>
1	-0.032	1.146·10 <sup>-6</sup>
2	-0.031	1.147·10 <sup>-6</sup>
3	-0.03	1.149·10 <sup>-6</sup>
4	-0.029	1.15·10 <sup>-6</sup>
5	-0.028	1.151·10 <sup>-6</sup>
6	-0.027	1.152·10 <sup>-6</sup>
7	-0.026	1.153·10 <sup>-6</sup>
8	-0.025	1.155·10 <sup>-6</sup>
9	-0.024	1.156·10 <sup>-6</sup>
10	-0.023	1.157·10 <sup>-6</sup>
11	-0.022	1.158·10 <sup>-6</sup>
12	-0.021	1.159·10 <sup>-6</sup>
13	-0.02	1.161·10 <sup>-6</sup>
14	-0.019	1.162·10 <sup>-6</sup>
15	-0.018	...

VAX<sup>(0)</sup> =

	0
0	-0.033
1	-0.032
2	-0.031
3	-0.03
4	-0.029
5	-0.028
6	-0.027
7	-0.026
8	-0.025
9	-0.024
10	-0.023
11	-0.022
12	-0.021
13	-0.02
14	-0.019
15	...

VAX<sup>(1)</sup> =

	0
0	1.145·10 <sup>-6</sup>
1	1.146·10 <sup>-6</sup>
2	1.147·10 <sup>-6</sup>
3	1.149·10 <sup>-6</sup>
4	1.15·10 <sup>-6</sup>
5	1.151·10 <sup>-6</sup>
6	1.152·10 <sup>-6</sup>
7	1.153·10 <sup>-6</sup>
8	1.155·10 <sup>-6</sup>
9	1.156·10 <sup>-6</sup>
10	1.157·10 <sup>-6</sup>
11	1.158·10 <sup>-6</sup>
12	1.159·10 <sup>-6</sup>
13	1.161·10 <sup>-6</sup>
14	1.162·10 <sup>-6</sup>
15	...



Ud1 := 0.59807	Ud2 := 0.61607	Ud3 := 0.64807	Ud4 := 0.67707
Id1 := 0.000389179	Id2 := 0.000567663	Id3 := 0.00152329	Id4 := 0.00281193

Rb_d := 1	Is0 := 0.0000001	m := 2	Ft := 0.02
-----------	------------------	--------	------------

Given

---

$$Ud1 = Id1 \cdot Rb\_d + \ln \left[ \frac{(Is0 + Id1)}{Is0} \right] \cdot m \cdot Ft$$

$$Ud2 = Id2 \cdot Rb\_d + \ln \left[ \frac{(Is0 + Id2)}{Is0} \right] \cdot m \cdot Ft$$

$$Ud3 = Id3 \cdot Rb\_d + \ln \left[ \frac{(Is0 + Id3)}{Is0} \right] \cdot m \cdot Ft$$

$$Ud4 = Id4 \cdot Rb\_d + \ln \left[ \frac{(Is0 + Id4)}{Is0} \right] \cdot m \cdot Ft$$

Diod\_P := Minerr(Rb\_d, Is0, m, Ft)

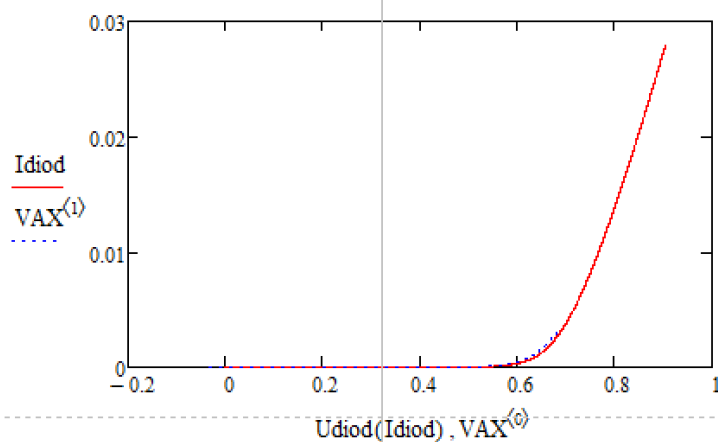
$$Diod\_P = \begin{pmatrix} 5.832 \\ 2.271 \times 10^{-12} \\ 1.773 \\ 0.018 \end{pmatrix}$$

Вычисленные данные:

Rb_diod := 5.832	Is0_diod := $2.271 \times 10^{-12}$	m_diod := 1.773	Ft_diod := 0.018
------------------	-------------------------------------	-----------------	------------------

Idiod :=  $0 \cdot 10^{-5} \dots 0.028$

$$Udiod(Idiod) := Idiod \cdot Rb\_diod + m\_diod \cdot Ft\_diod \cdot \ln \left( \frac{Idiod + Is0\_diod}{Is0\_diod} \right)$$



Idiod =

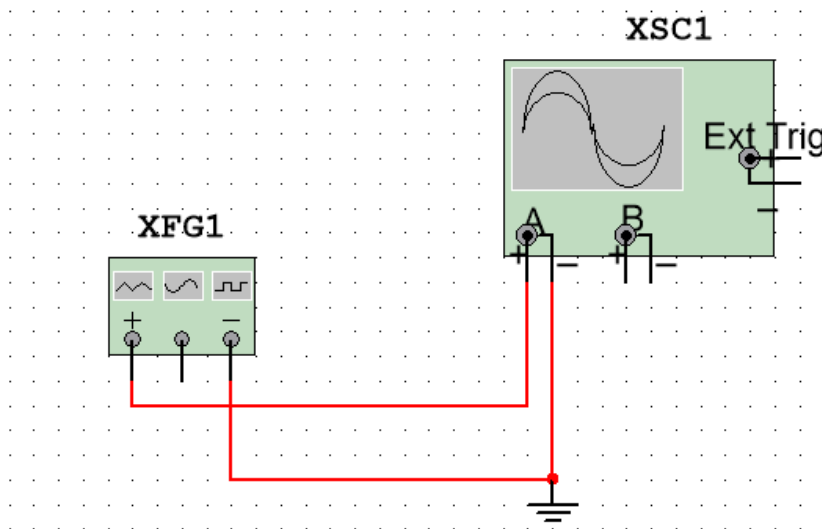
0
$1 \cdot 10^{-5}$
$2 \cdot 10^{-5}$
$3 \cdot 10^{-5}$
$4 \cdot 10^{-5}$
$5 \cdot 10^{-5}$
$6 \cdot 10^{-5}$
$7 \cdot 10^{-5}$
$8 \cdot 10^{-5}$
$9 \cdot 10^{-5}$
$1 \cdot 10^{-4}$
$1.1 \cdot 10^{-4}$
$1.2 \cdot 10^{-4}$
$1.3 \cdot 10^{-4}$
$1.4 \cdot 10^{-4}$
...

Заметим, что данные достаточно близки к табличным.

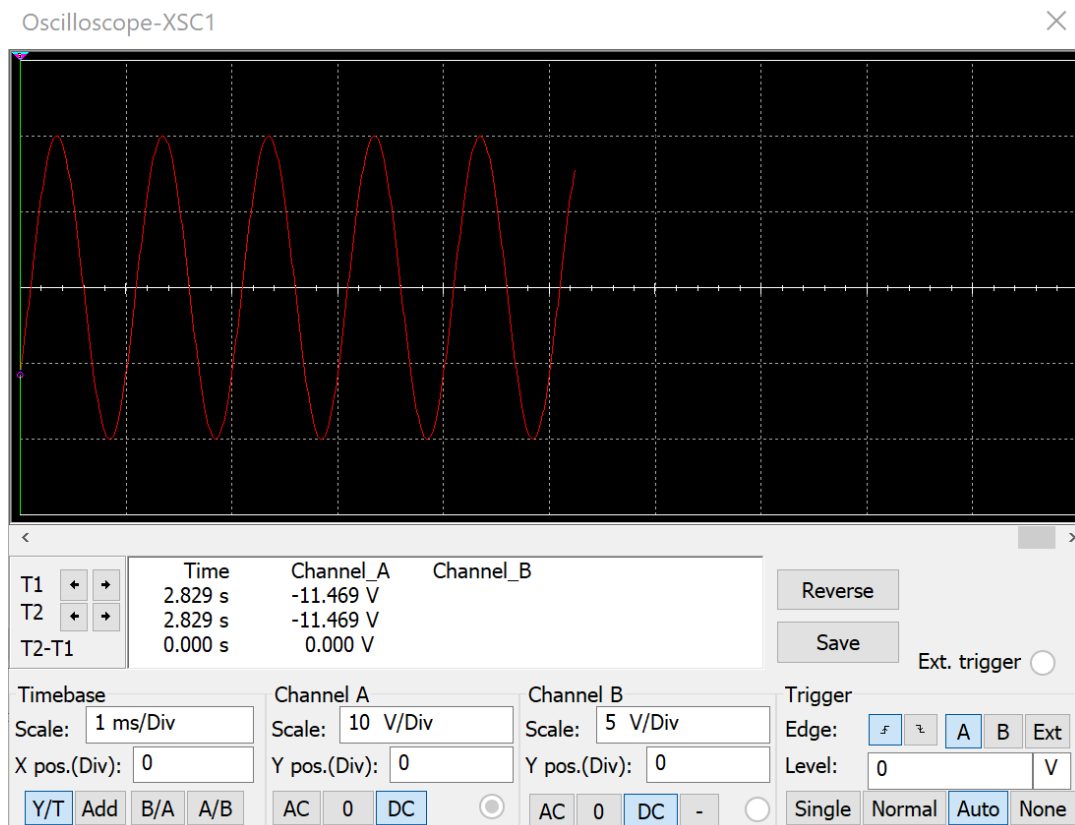
## ЭКСПЕРИМЕНТ 4

## Исследование выпрямительных свойств диода

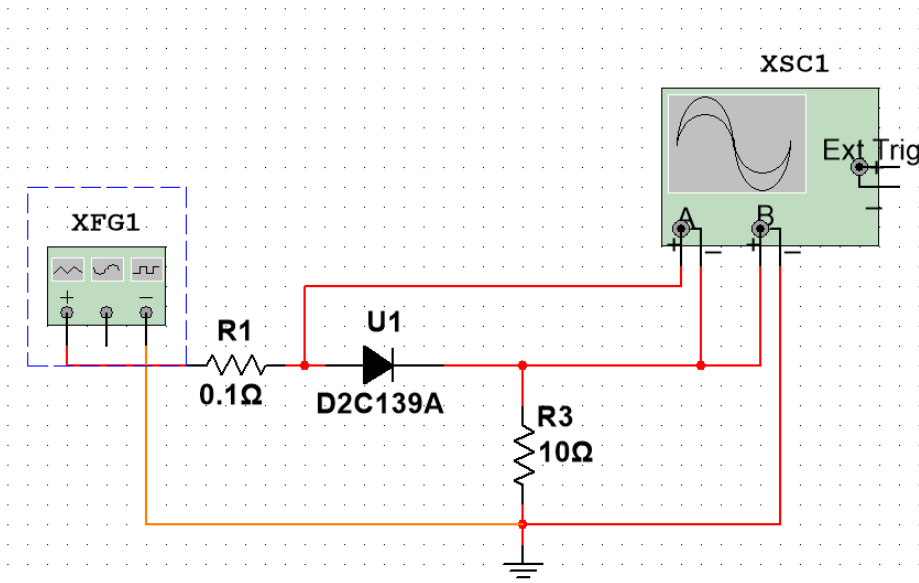
Соберём схему, где частоту генератора установим на 1000 герц и амплитуду на 10 вольт:



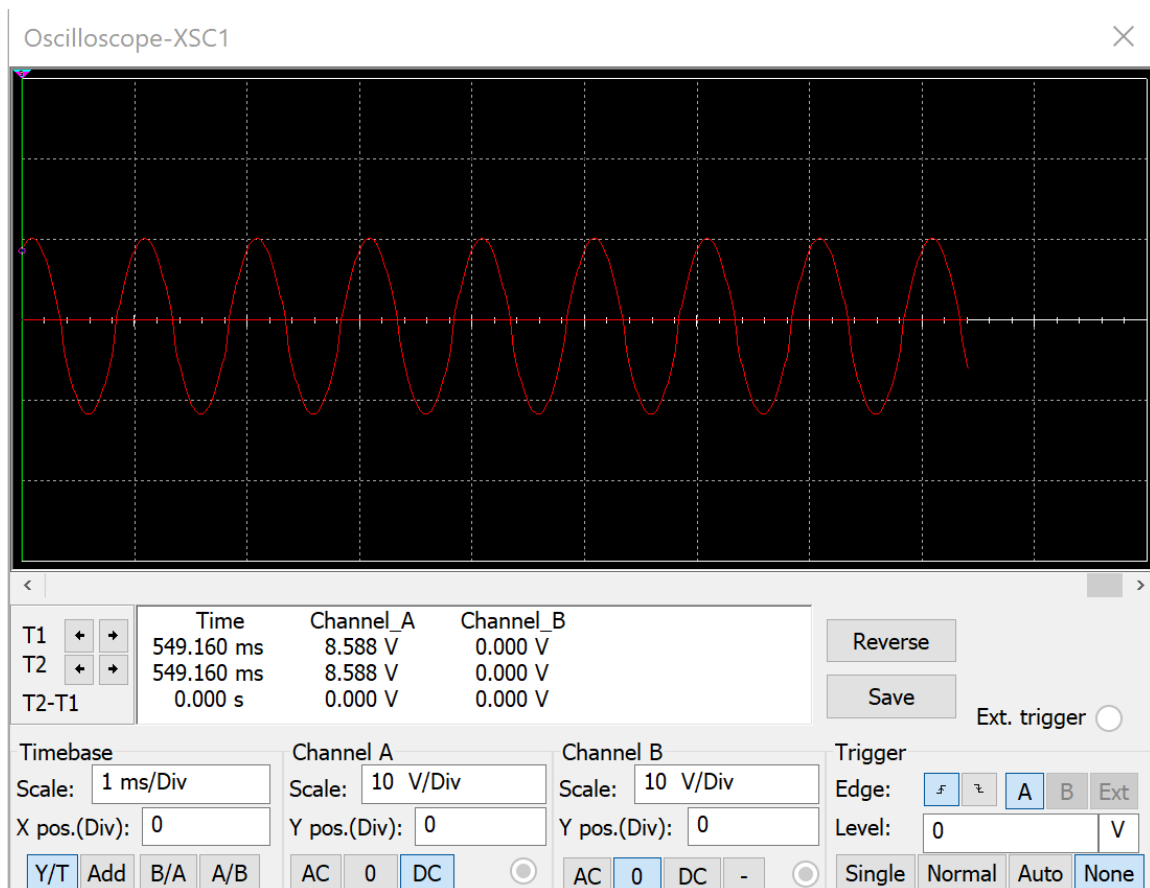
Запустим симуляцию и получим временную развёртку сигнала генератора:



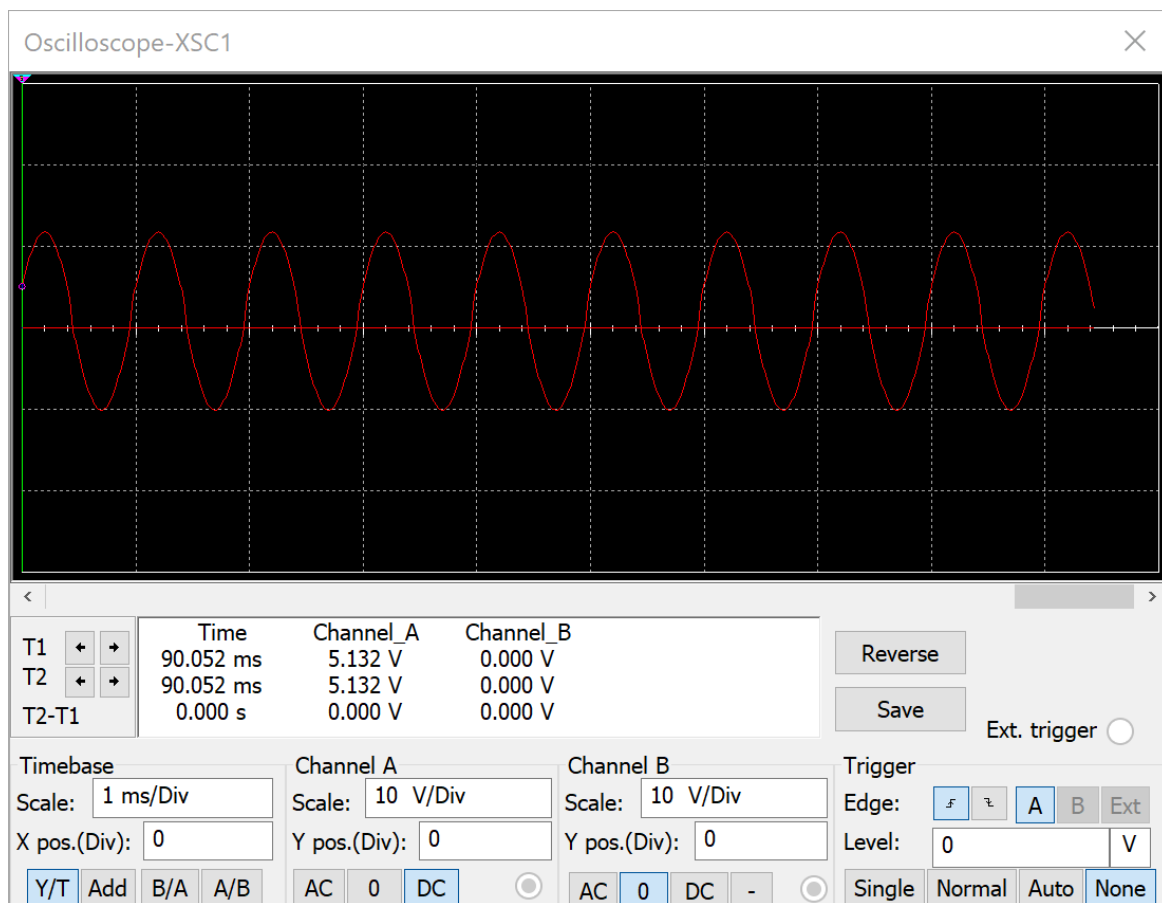
Соберём схему со своим диодом:



Получим осциллограмму прямого включения диода:



Аналогично для обратного включения диода:



Заметим, что выпрямления не произошло, так как диод D2C139A является стабилитроном.

- Пробивное напряжение: 3.928V
- Максимальный ток: 43.84 мА

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Были выполнены все задачи, описанные выше, таким образом были получены и проанализированы характеристики полупроводникового диода. Также была освоена программа Multisim/